

II-30 水制工に関する研究 (第一報)

日本大学理工学部 正員 栗津清蔵

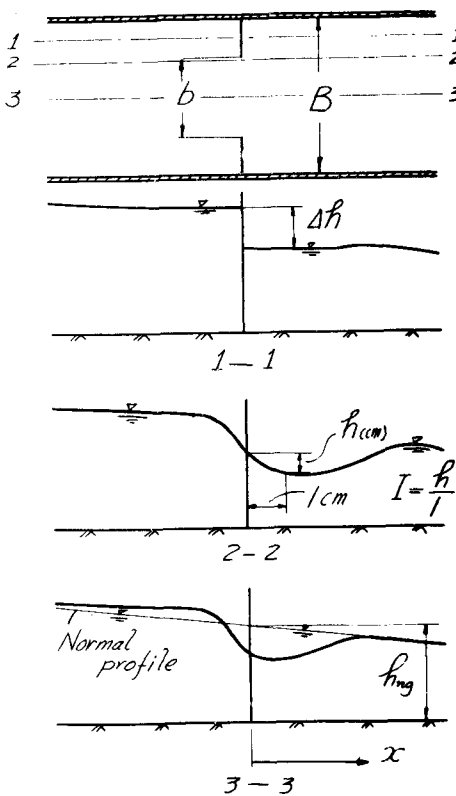
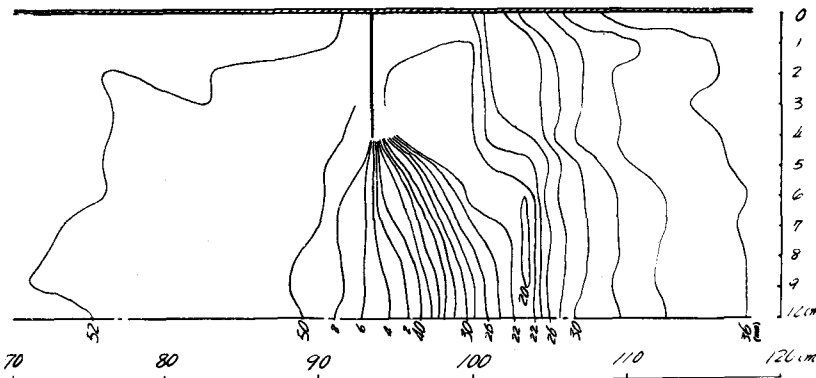


図-1

$$1 - \frac{b}{B} = 0.4, F_{mg} = 0.488$$

図-2



$$\tau = w h_c N \left(\frac{h_c}{h} \right)^2, \\ N = g n^2 / R^{\frac{1}{3}} \dots (1)$$

N は壁面粗さを示す無次元量⁽¹⁾で、さらに掃流力を無次元表示すると

$$\tau / \tau_c = (N / N_c) \left(\frac{h_c}{h} \right)^2 \\ = (R_c / R)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{h_c}{h} \right)^2 \dots (2)$$

図-2 より水路横断面において、中心部の水深

§.1. まえがき：単一不透過水制の周りの局部的洗掘についての研究で、洗掘量を支配する因子はどんなものかと、固定床の実験をもとにして述べる、従ってこの報告は『水制工の実験に当って』という題名が以下述べる内容からおいて適切であるかも知れない。

§.2. 実験装置と範囲：水路は粗さ係数 $n = 1.28 \times 10^{-2}$ 、有効長 6.5 m、幅 20 cm の長方形水平木製水路を用いた、模型水制は一分厚ガラス板を使用、実験の範囲は次の条件に従って行ない、それぞれの場合の水制付近の水深、底流速を測定した。

条件：i) 1-B : 水路の水制による収縮比で 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 ; ii) 流量は 2.42, 3.19, 4.01 l/sec で F_{mg} はそれぞれ 0.488, 0.508, 0.526 に相当する、なお水制設置以前の正常な流水の水制設置予定断面におけるフルード数、平均流速、水深、掃流力をそれぞれ F_{mg} , V_{mg} , h_{mg} , τ_{mg} とする。

§.3. 実験結果：水制付近の流況の概略を示すと図-1, 2 (水深) のように非常に複雑である。

a) 水制付近の掃流力と底流速：水平水路の不等流下の掃流力では Manning の公式を用いると次の式で示される、ただし h_c は限界水深

が小さいから安全側を考へて、水制付近の流れと水路中心部の水深をもつた一様な不等流とみなすと、任意の断面の掃流力 τ_x と τ_{mg} との比、並びにある断面の最大底流速 V_{max} と V_{mg} との比はそれぞれ測定値を基にして(2)式並びに測定値自身より求められる、それらを図示すると図-3~6が得られる、ただし x は水制設置断面より流れの方向に測つた距離である。

b) 水制上下流の落差と先端部の水面勾配：図-1の d の水制に沿つての平均値 Δh_m と h_{mg} との比、並びに同図のIによつて定義される勾配を図示すると図-7, 8の結果が得られた。

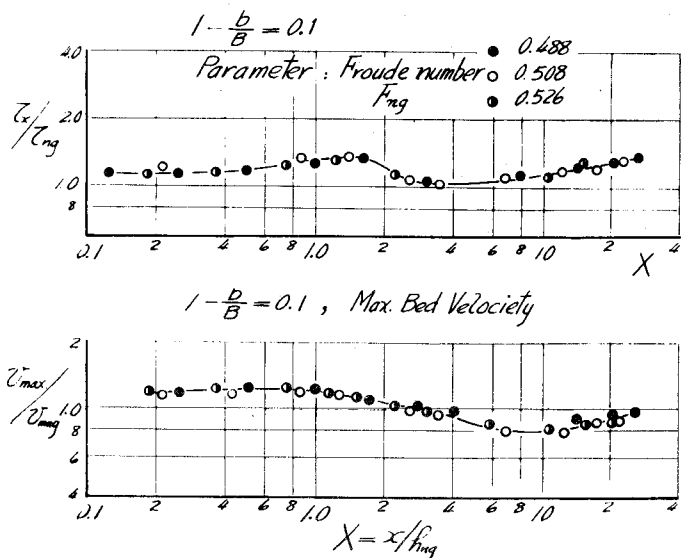


図 - 3

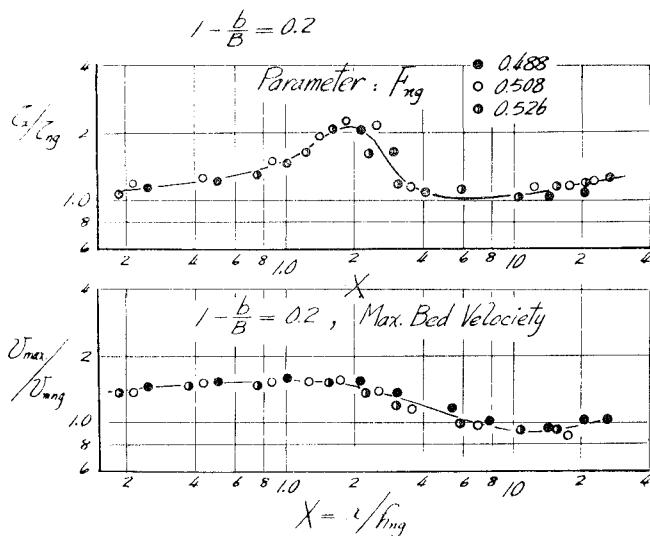


図 - 4

§4. 実験結果に対する検討。

a) 水制の及ぼす範囲 X_{ig} 、水制のない場合の流れは $F_{mg} < 1.0$ であるから、常に $d(\tau_x / \tau_{mg}) / dX$ は正である、一方水制があると図-3~6に示されるように、 τ_x / τ_{mg} は増加→減少→増加の経路をたどるから、水制の及ぼす範囲は $(\tau_x / \tau_{mg})_{min}$ の断面までの範囲と解釈すると、 X_{ig} について図-9の結果が得られる、また水制がある間隔 S で設置する場合の現象は、少なくとも $S > X_{ig}$, $S < X_{ig}$ の2つに分けて考えるのが合理的であることが推論される。

b) 最大底流速を測る位置 X_{Vmax} とその大さき V_{max} ；a)の場合と同様に $d(V) / dX = d(V_{max} / V_{mg}) / dX = 0$ の条件から X_{Vmax} , V_{max} を求めると図-10, 11が得られる。

§5. 局部的洗掘の実験に当つて。

a) 砂粒の選定、底流速をもとにして洗掘を考えると、河床物質の表面流速を V_b とすると既報⁽²⁾のよりに平均径に相当する砂粒に加わる剪断力は $F_s = f \cdot W \cdot (V_b / V_{bc})^2$ 、また図-11より $V_b = V_{max}$ とすると $F_{smax} = f \cdot W [(V_{mg} / V_{bc}) \{3.69 (1 - b/B) + 0.840\}]^2$

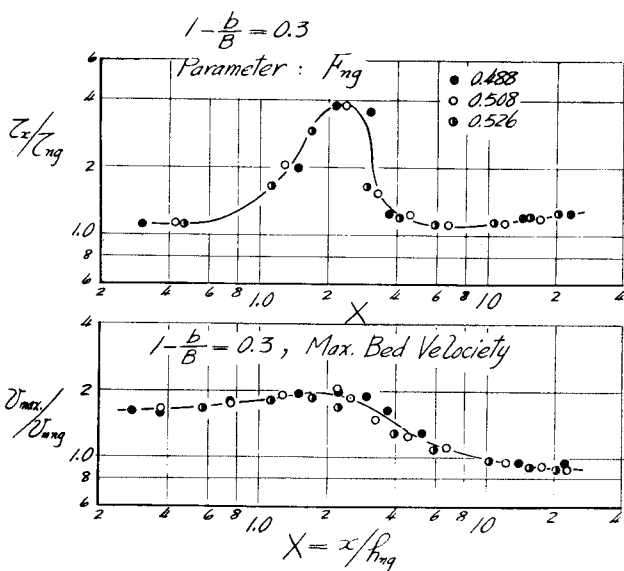


図 - 5

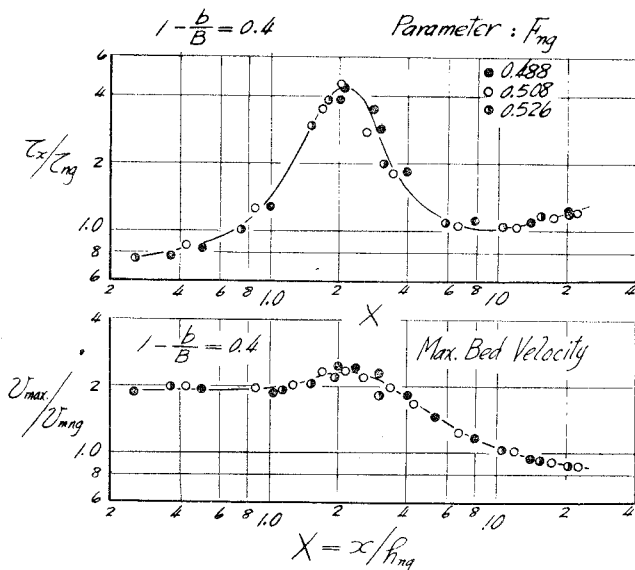


図 - 6

砂粒の移動に対する抵抗力 $F_r = f \times W$ であるから、流水によって砂粒が移動する場合は

$$v_{bc} < v_{mg} \{ 3.69(1 - b/B) + 0.840 \} \quad (3)$$

また限界底流速 $v_{bc} = f(dm)$ であるから前式を満足する範囲で dm を選定すれば良い、(3)式の両辺が等しい dm を選定すれば剪断力以外の外力による影響を逆に知ることが出来る。

b) 剪断力による洗掘量を支配する因子：洗掘量の大小は F_{smax}/F_r の大小に支配されるから次式の変数が因子である。

$$\frac{F_{smax}}{F_r} = F(v_{mg}/v_{bc}, 1 - b/B) = F(v_{mg}/v_f, 1 - \frac{b}{B}) \quad (4)$$

ただし v_f は平均径の砂粒の沈降速度である、次に等流速時の摩擦速度と平均流速との関係が不等流速時にも適用されると仮定すると

$$(v/v_*)^2 = C^2/g = R^3/ng \quad \text{従って}$$

i) $(v/v_*)_{mg}^2 = 1/N_{ng}$ また底流速と摩擦速度とは既報⁽³⁾より

$$v_b/v_* = 2.06/(v_*^3/gdm)^{0.784}$$

従って

$$ii) v_{bc} = 2.06 v_{*c}/(v_{*c}^3/gdm)^{0.784}$$

この2つの結果から

$$\left(\frac{v_{mg}}{v_{bc}} \right)^2 = \left(\frac{1/N_{ng}}{(v_{*c}^3/gdm)^{0.784}/2.06} \right) \left(\frac{\tau_{ng}/\tau_c}{(v_{*c}^3/gdm)^{0.784}/2.06} \right)^2 \quad (5)$$

従って洗掘量を支配する因子は(4)式とは別に次の式の変数によって示される

$$F(N_{ng}, \tau_{ng}/\tau_c, \tau_c/wdm, 1 - b/B) = 0$$

もし $(v/v_*)_{mg} = 3.20 + 5.75 \log_0 R_{ng}/\varepsilon$ と近似的に置くと⁽⁴⁾、 N_{ng} は R_{ng}/dm と示される、また $dm > 0.15 \text{ cm}$ であると $\tau_c \propto dm$ と近似的に置く⁽⁵⁾ ことが出来るから、(5)式の第三番目の変数は単に常数となる。

c) Seepage force による洗掘量を支配する因子：seepage force は図-7, 8 の $\Delta h/R_{ng}$

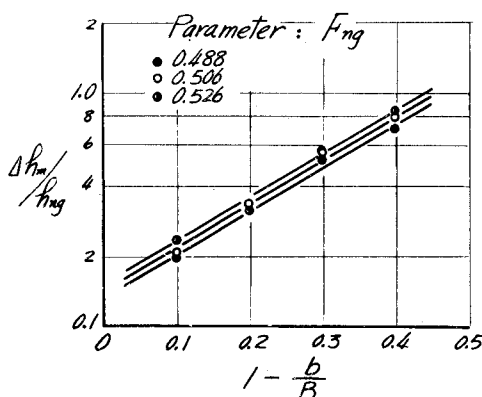


図 - 7

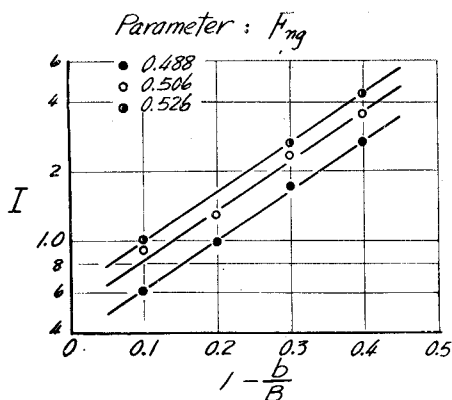


図 - 8

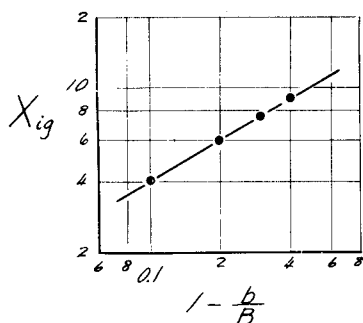


図 - 9

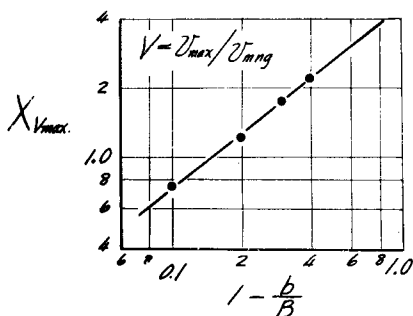


図 - 10

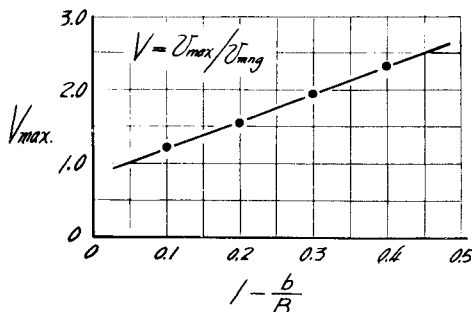


図 - 11

および I の大小によつて支配されるものと予想されるから, *quick-sand* の発生する限界動水勾配 i_c とすると, *seepage force* による洗掘量を支配する因子は次の式の変数によつて示される。

$$F(i_c, F_{mg}, 1 - \frac{b}{B}) = 0 \quad (6)$$

従つて洗掘量を支配する因子は (4), (6) 又は (5), (6) 式の変数によつて示される。

以上の考察より水制の周りの洗掘についての実験計画を立て、あるいは既設の水制の周りの洗掘量を整理する場合、上述の諸事項を考慮して行なうなら合理的であると思う、なおこの研究は昭和36年を科学試験研究の分科研究成果の一部である。

引用文献

- (1) 栗津 「開水路不等流の相似理論的考察とその応用」 土木学会誌 38-7
- (2), (3), (5) 栗津 「洗掘機構についての基礎的研究」 土木学会論文集 52号
- (4) 栗津 「河床物質の2, 3の性質とその応用」 土木学会論文集 36号